

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Bakalářská práce

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Mulčovač za malotraktor

Tractor-drawn Mulch – laying Machine

Student:

Vojtěch Machů

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis student

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Machů, V. Mulčovač za malotraktor. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 49 s. Bakalářská práce, vedoucí Učeň, O.

Bakalářská práce se zabývá návrhem mulčovače za malotraktor. V úvodu práce je přehled druhů mulčovačů. Jsou zde uvedeny různé typy konstrukcí mulčovače a možnost využití těchto strojů.

V praktické části se zabývá konstrukčním řešením zadaného mulčovače. Je zde výpočet a návrh převodových mechanismů. Dále je zde konstrukční a pevnostní návrh rotoru, horní hřídele a ozubené spojky. V závěru práce je shrnutí bezpečnostních požadavků při mulčování.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Machů, V. Tractor-drawn Mulch – laying Machine. Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 49 p. Bachelor Thesis, head: Učeň, O.

Thesis describes the design for tractor - drawn Mulch – laying Machine. In introduction is an overview of mulching machine. There is described many different types and constructions of mulching machine and possibility of using these machines.

Next part is about construction solution my mulching machine. There is a calculation and design of gear mechanisms, next is a design and strength analysis of the rotor, the upper shaft and gear couplings. In conclusion thesis is a summary of safety requirements for mulching.

OBSAH

Seznam použitého značení	2
1. Úvod	5
2. Rozdělení a konstrukce mulčovačů	7
2.1 Kladívkové mulčovače	7
2.2 Nožové mulčovače	11
3. Agregace plošných strojů	15
4. Možnosti bočních mulčovačů	17
5. Podsekávací ohradníky	19
6. Konstruktivní návrh a pevnostní kontrola mulčovače	20
6.1 Návrh řemenového převodu a volba velikosti klínového řemene	22
6.2 Návrh a výpočet převodového ústrojí	26
6.3 Návrh a výpočet rotoru	28
6.3.1 Návrh průměru a délky hřídele ve spoji	29
6.3.2 Návrh a výpočet těsného pera	30
6.3.3 Návrh a výpočet svarů rotoru	32
6.3.4 Kontrola kuličkových ložisek	34
6.4 Návrh a výpočet horní hřídele	37
6.4.1 Návrh průměru a délky hřídele ve spoji	37
6.4.2 Návrh a výpočet těsného pera	38
6.4.3 Návrh a výpočet rovnobokého drážkování	39
6.4.4 Kontrola kuličkových ložisek	41
6.5 Návrh ozubené spojky	43
7. Bezpečnost mulčovacího stroje	45
8. Závěr	46
9. Seznam použitých pramenů	47
Seznam příloh	49

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

A	osová vzdálenost	[mm]
a	velikost nosného průřezu koutového svaru	[mm]
a_z	výška zubu	[mm]
b	šířka pera	[mm]
b_z	šířka zubu	[mm]
C	základní dynamická únosnost ložiska	[N]
C_0	základní statická únosnost ložiska	[N]
c_1	součinitel úhlu opásání	[1]
c_2	součinitel provozního zatížení	[1]
c_3	součinitel délky klínového řemene	[1]
$D_{\check{c}}$	průměr otvoru pro čep	[mm]
D_p	výpočtový průměr velké řemenice	[mm]
D_{sp}	vnější průměr spojky	[mm]
d	průměr hřídele pod malou řemenicí	[mm]
d'	předběžný průměr čepu	[mm]
d_l	průměr hřídele pod velkou řemenicí	[mm]
d_p	výpočtový průměr malé řemenice	[mm]
d_{sp}	vnitřní průměr spojky	[mm]
F_2	síla působící na drážku v náboji	[N]
F_a	axiální složka skutečného zatížení	[N]
F_{ef}	efektivní tažná síla v řemenu	[N]
F_{kl}	síla vyvozující kladívka	[N]
F_o	obvodová síla	[N]
F_r	radiální složka skutečného zatížení	[N]
F_S	střížná síla	[N]
F_u	pracovní předpětí řemene	[N]
$F_{z\ stř}$	střední síla působící na zub	[N]
f	sražení boků zubů	[mm]
f^{\sim}	účinná plocha boku drážek délky	[mm ² /mm]
f_o	ohybová frekvence	[s ⁻¹]
f_p	součinitel obvodové síly	[1]

h	výška pera	[mm]
i_{celk}	celkový převodový poměr	[1]
$i_{př}$	převodový poměr převodovky	[1]
$i_{řem}$	převodový poměr řemenového převodu	[1]
$i_{řem\ skut}$	skutečný převodový poměr řemenového převodu	[1]
k_4	převodní součinitel koutového svaru boční	[1]
k_e	bezpečnost vůči mezi kluzu	[1]
k_S	statická bezpečnost	[1]
$L_{10\ h}$	trvanlivost ložiska	[hod]
L_p	výpočtová délka klínového řemene	[mm]
l	potřebná délka pera	[mm]
l'	účinná délka pera	[mm]
l_{dr}	délka drážkování	[mm]
M_k	točivý moment	[N.m]
M_{k1}	točivý moment před převodovkou	[N.m]
M_{k2}	točivý moment na horním hřídeli	[N.m]
M_{k3}	točivý moment na rotoru	[N.m]
n	otáčky ložiska	[min ⁻¹]
n_1	otáčky vývodového hřídele malotraktoru	[min ⁻¹]
n_2	výstupní otáčky převodovky	[min ⁻¹]
n_3	požadované otáčky rotoru	[min ⁻¹]
$n_{3\ skut}$	skutečné otáčky rotoru	[min ⁻¹]
n_D	otáčky velké řemenice	[min ⁻¹]
n_d	otáčky malé řemenice	[min ⁻¹]
P	přenášený výkon	[kW]
P_r	ekvivalentní dynamické zatížení	[N]
$P_{ř}$	výkon přenášený jedním úzkým řemenem	[kW]
P_v	výpočtový výkon	[kW]
p	exponent pro ložiska	[1]
p_{dr}	tlak v drážkování	[mm]
p_1	tlak působící na drážku v hřídeli	[MPa]
p_2	tlak působící na drážku v náboji	[MPa]
p_z	tlak působící na zub	[MPa]

p_D	dovolený tlak	[MPa]
Q	síla nahrazující spojité zatížení	[N]
q	spojité zatížení	[N.m ⁻¹]
R	rameno kladívka	[mm]
R_A	reakce v ložisku A	[N]
R_B	reakce v ložisku B	[N]
R_e	mez kluzu	[MPa]
S_z	plocha zubu	[mm ²]
t_l	hloubka drážky v náboji	[mm]
v	obvodová rychlost	[m.s ⁻¹]
W_k	modul průřezu v krutu	[mm ³]
W_{ks}	průřezový modul výpočtového průřezu	[mm ³]
X	koeficient radiálního dynamického zatížení	[1]
x	vzdálenost mezi ložisky	[mm]
Y	koeficient axiálního dynamického zatížení	[1]
y	vzdálenost řemenice k ložisku	[mm]
z	počet klínových řemenů	[1]
z_s	počet zubů spojky	[1]
z_{sv}	šířka svaru	[mm]
α_0	doplňkový úhel	[°]
β	úhel opásání malé řemenice	[°]
β_s	součinitel tloušťky koutového svaru	[1]
$\eta_{př}$	účinnost převodovky	[1]
$\eta_{řem}$	účinnost řemenového převodu	[1]
τ_{Dk}	dovolené napětí v krutu	[MPa]
τ_{DS}	dovolené napětí ve stříhu	[MPa]
τ_{Dsv}	dovolené napětí ve svaru	[MPa]
τ_k	napětí v krutu	[MPa]
τ_S	napětí ve stříhu	[MPa]
$\tau_{//}^{M_k}$	smykové napětí v rovnoběžném směru zatížené M_k	[MPa]

1. ÚVOD

Údržba trvalých travních porostů i v trvalých kulturách přináší větší potřebu využití mulčovačů. Stejně jako u ostatních pracovních postupů musíme i při volbě vhodné techniky pro mulčování zvažovat veškeré možnosti této technologie, protože pouze při správně zvoleném typu stroje můžeme dosáhnout dobrých výsledků.

Možnosti využití mulčovačů jsou velmi široké. Pokrývají prakticky veškeré oblasti hospodaření na zemědělské půdě, ale jsou také využívány při údržbě nezemědělských ploch a bývají využívány i při údržbě velmi specifických ploch (golfová hřiště apod.). Vývoj a výroba mulčovačů se proto ubírá různými směry tak, aby byly pokryty požadavky uživatelů, které vycházejí z typu ošetřované plochy nebo ze struktury udržovaného porostu. Výsledným efektem mulčování by měla být vždy rozmělněná hmota rostlinného původu. Na orné půdě požadujeme rozdrcení poměrně velkého množství rostlinných zbytků a jejich rovnoměrné rozvrstvení po povrchu pozemku pro následné zapravení do půdy, nebo jejich ponechání na povrchu půdy (podle navazující pěstitelské technologie). Jedná se především o posklizňové zbytky po řepce, kukuřici, případně dalších plodinách pěstovaných na orné půdě. Zde je důležité nejen rozdrcení hmoty, kdy získáváme materiál s velkým aktivním povrchem, což zajišťuje jejich rychlý rozklad, ale také jejich zkrácení na délku pod 10 cm. Zkrácení stébel je významné pro jejich dobré zapravení při navazujících pracovních operacích. Je nutné připomenout i význam mulčování v rámci managementu slámy při minimalizačních technologiích pěstování obilnin.



Obrázek 1.1 Mulčování travních ploch [15]



Obrázek 1.2 Mulčování posklizňových zbytků

Využití mulčovačů je velmi rozšířené při péči o trvalé travní porosty, případně porosty pícnin na orné půdě. Zde se mulčovače využívají k rozdrcení hmoty při velmi

malých výnosech, kdy není ekonomické provádět její klasickou sklizeň. V sadech a vinicích se mulčovače používají k údržbě travnatých pásů v meziřadí, drcení dřevního zbytku po řezu apod. [1] Nelze opomíjet, že vedle zemědělství nacházejí mulčovače široké uplatnění také v komunální sféře při údržbě ploch veřejné a městské zeleně, údržbě sportovních zařízení, parků, krajnic lemujících pozemní komunikace apod. [2]



Obrázek 1.3 Mulčování vinic



Obrázek 1.4 Údržba městské zeleně [14]

K použití mulčovačů vedou především praktické důvody. Sečení takových travnatých ploch je většinou složité nejen s ohledem na terénní nerovnosti a stav sečeného porostu, ale také pro potřebu další manipulace s posečenou hmotou. Proto se využívají mulčovače, které kromě sečení a rovnoměrného rozvrstvení hmoty po povrchu posečené plochy mohou zajistit sběr hmoty do zásobníku stroje a další manipulaci s ní na okraji obdělávaného pozemku. [1]

Vzhledem k poměrně vysoké energetické náročnosti této operace je nutné agregovat tyto stroje s traktory o potřebném výkonu. Podle měření prováděných v Ústavu zahradnické techniky se pracovní rychlost souprav pohybuje v rozmezí 2 – 7 km/h a je ovlivněna především množstvím biomasy a reliéfem terénu (svažitost). Výkonnost se pohybuje v rozmezí 0,7 – 1 ha/h a spotřeba pohonných hmot v rozmezí 6,4 až 9,5 l/ha. Mulčování lze velmi často slučovat i s dalšími operacemi jako např. vyžínáním příkrmenných pásů pomocí výkyvných sekcí, ometáním kmínků apod. [2]



Obrázek 1.5 Údržba pozemní komunikace [14]

2. ROZDĚLENÍ A KONSTRUKCE MULČOVAČŮ

V podmínkách našeho zemědělství píše historii mulčovače s horizontální osou rotace a v současné době je tato konstrukce doménou spíše menších pracovních záběrů a strojů pro práce v trvalých kulturách. A posledních 10 letech se velmi výrazně prosazují mulčovače se svislou osou rotace, které se prosazují zejména ve větších pracovních záběrech. [3]

Mulčovače můžeme rozdělit podle konstrukce na:

- **lehké** (pro mulčování trav, rostlinných zbytků a drobného náletu)
- **těžké** (někdy se označují jako lesní) pro mulčování většího podílu dřevní hmoty a drtiče (pro mulčování hrubé dřevní hmoty).



Obrázek 2.1 Lesní mulčovač [24]

Podle osy otáčení pracovních orgánů dělíme mulčovače do dvou základních skupin:

- **kladívkové** – s horizontální osou rotace
- **nožové** – s vertikální osou rotace [1]

2.1 Kladívkové mulčovače

Hlavní funkční skupinu kladívkových mulčovačů tvoří vodorovný hřídel s volně uchycenými krátkými noži (kladívky) různého tvaru, případně lze použít článkové řetězy nebo kombinace různých pracovních orgánů. Po roztočení hřídele se tyto nože díky odstředivé síle dostávají do pracovní polohy. Rotující nože odřezávají stébla. Nosný hřídel se otáčí ve směru pohybu stroje. Odříznutá stébla se tak dostávají do prostoru pod kryt stroje, kde jsou dále drcena a usměrňována ven za stroj a buď rovnoměrně rozvrstvena na posečenou plochu, nebo s využitím ventilačního účinku

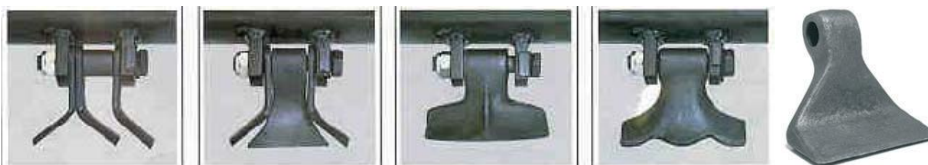
dopravena do zásobníku. Pro sečení trávy se používají zpravidla nože ve tvaru písmene L. Lze využít také nože ve tvaru obrácených písmen Y, případně T. Tento typ nožů je vhodný pro členitější, případně nerovnější povrch.



Obrázek 2.2 MUL-1300 Traverz [13]

Kladívka jsou vhodná pro drcení:

- slámy, kůry, kukuřičné slámy, trávy, révy, větvi [1]



Obrázek 2.3 Typy kladívek [19]



Obrázek 2.4 Typy kladívek [19]

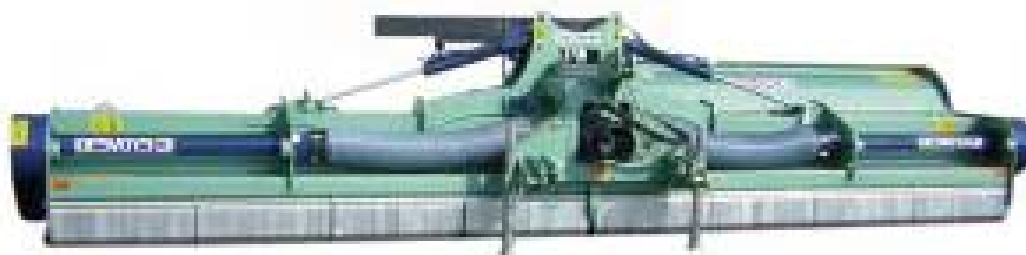
Technika pro mulčování s vodorovnou osou otáčení pracuje na principu rychle se otáčejícího válce, který je spojen s nosnou konstrukcí mulčovače osami uloženými na koncích v ložiscích.

Pohon rotoru je zpravidla zajištěn boční převodovkou s řemenicí, která je poháněna přes rozvodovku od vývodového hřídele trakčního prostředku. V závislosti na pracovním záběru jsou osazeny tyto mulčovače 1, nebo 2 bočními řemenicemi a rovněž pracovní rotor (válec) je dodáván jako jeden díl pro celou šířku záběru, či jsou zvoleny 2 rotory, které zabírají pracovní záběr stroje. [3]



Obrázek 2.5 Mulčovač s jedním rotorem a jednou řemenicí [23]

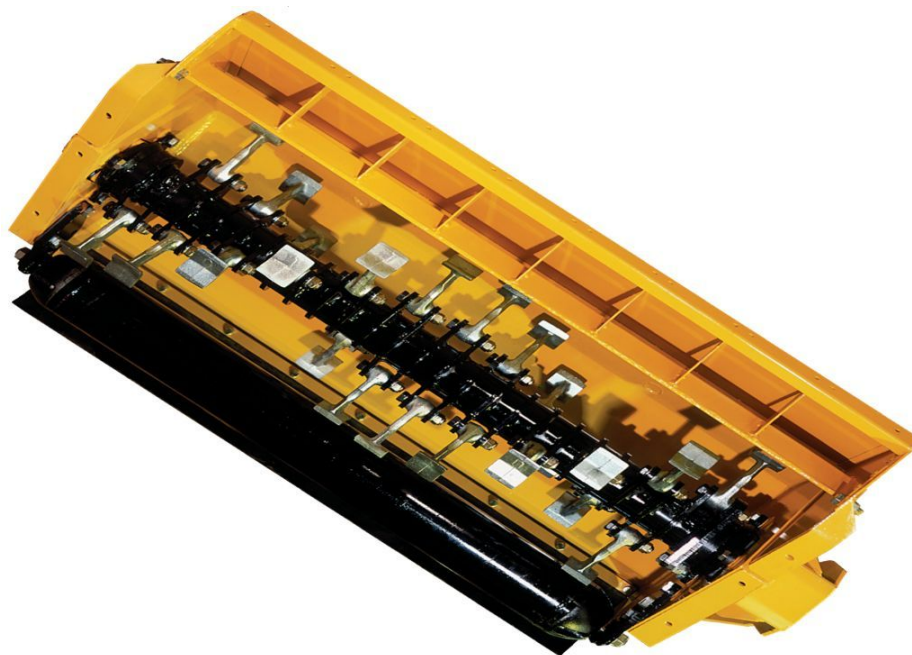
U strojů do pracovního záběru asi 2,5 až 3 m se setkáváme s jedním celistvým rotorem a jednou hnací řemenicí. Provedení s dvojicí řemenic mívají mulčovače se záběrem 3 až 3,5 m. Větších pracovních záběrů až do 6 m jsou vybaveny dvěma rotory, které jsou usazené na bocích stroje a uprostřed. [4]



Obrázek 2.6 Dvourotorový mulčovač [20]

Konstrukce rotoru umožňuje záměnu jednotlivých pracovních orgánů, kdy vzhledem k práci v členitém a často kamenitém terénu nacházejí uplatnění zejména

těžká pracovní kladiva, která si poradí také s náletovými dřevinami a hutnou hmotou. Volba typu kladiva ovlivňuje také energetickou náročnost mulčovače.



Obrázek 2.7 Detail rotoru [24]

Kromě vlastního rotoru s kladívky tvoří významný konstrukční prvek tohoto typu mulčovače nosný kryt. Ten může být konstruován jako jednoduchý nebo dvojitý podle předpokládaných nároků na „tvrdost“ zacházení a náročnost terénu. Zadní část krytu je konstruována jako pevná nebo otevíratelná. Nastavení krytu může výrazně zlepšit kvalitu práce v jednotlivých kulturách. Uzavřením krytu při drcení travního porostu dochází k lepšímu rozdrcení hmoty, naopak při drcení slámy lze kryt otevřít, a tak se dosahuje kvalitního rozprostření hmoty po povrchu půdy, což usnadňuje její následné zapravení do půdy. Kryt umožňuje také montáž protiosťů, které umocňuje drticí efekt.

Dalším konstrukčním prvkem jsou nivelační, kopírovací a pojezdová kola nebo nivelační a kopírovací válec. Výhodou kol klasické konstrukce s pneumatikami je především možnost práce ve velmi členitém a nerovném terénu a rovněž je tato kola možné použít jako přepravní, čehož se využívá při pracovních šířkách nad 3 m. Nivelační válec je uložen v celém pracovním záběru mulčovače a přispívá k možnému urovnávání pozemku.

Tyto mulčovače lze využít nejen na údržbu nepravidelně udržovaných ploch, případně ploch s výskytem náletových dřevin, ale dobrý ventilační účinek bubnu umožňuje jejich dobré využití při sběru listů apod. Při použití přímých nožů lze tyto

stroje využít také k vertikutaci trávníků (odstranění travní plsti a mechu, provzdušnění svrchní části travního drnu). [1]



Obrázek 2.8 Mulčovač se sběrem BISON 1250 [16]

2.2 NOŽOVÉ MULČOVAČE

Pracovním orgánem tohoto typu mulčovače je nůž se svislou osou rotace. Nože jsou ploché s relativně krátkým ostřím. Rychlost otáčení nože $(2400 \div 3400) \text{ min}^{-1}$ vyvolává ventilační účinek, který umožňuje dopravu posečené hmoty ven ze stroje. Pro zvýšení ventilačního účinku bývá zadní část nože tvarována. [1] Konstrukce s vertikální osou má výhody zejména v celkově nižší hmotnosti stroje a k nižší spotřebě energie (až o 40 – 50 %) ve srovnání s drtiči s horizontální osou rotace při stejném záběru. Nevýhodou je složitější konstrukce u mulčovačů větších záběrů (potřeba dvou až tří rotorů). [2]



2.9 Jednorotorový mulčovač



2.10 Víc rotorový mulčovač

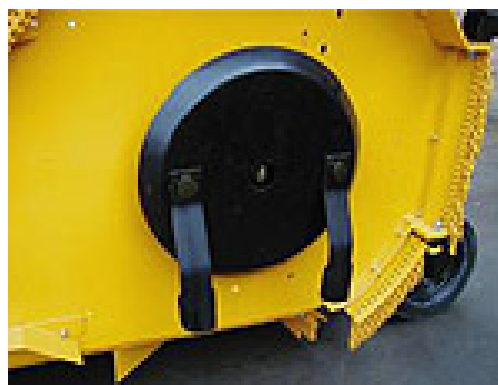
Posečená hmota bývá z mulčovače odváděna dozadu nebo do boku stroje. Při mulčování beze sběru je nutné zajistit rovnoměrné vrstvení hmoty po povrchu. Pro sběr do zásobníku je nutné zajistit odhoz hmoty. U malých, málo výkonných strojů bývá zásobník napojen přímo na odhazovací otvor v krytu nožů a plně se využívá metacího

účinku nožů. U velkých, výkonných strojů bývá zásobník umístěn dále od výstupního otvoru. Zde je potom často využíván přídavný metač nebo odsávání hmoty. [1]



2.11 Velkoplošný vertikální mulčovač [20]

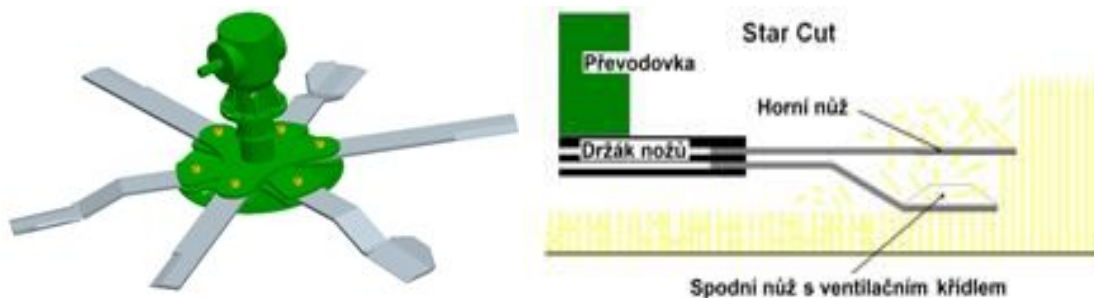
Mulčovače se svislou osou rotace jsou záležitostí především velkoplošných záběrů, které dosahují zpravidla 4,5 až 8 m, na některých trzích se prosazují i modely atakující hranici 10 m, nebo ji dokonce přesahují. Další využití nachází tato konstrukce u speciálních viničních strojů, setkat se s nimi můžeme rovněž v případě menších modelů s pracovním záběrem do 4 m. [4] Jsou také vyráběny v provedení pro boční ošetřování travnatých pásů okolo pozemních komunikací. Tyto typy využíváme v kombinaci se speciálním, hydraulicky ovládaným výsuvným ramenem a bývají doplněny i sekcí pro vychýlení stroje při njetí na pevnou překážku.



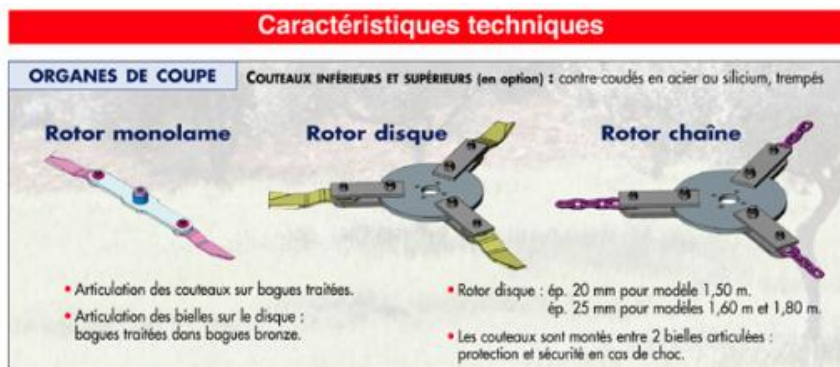
2.12 Rotor vertikálního mulčovače [22]

Podle pracovního záběru a konstrukce jsou tyto stroje osazeny 1 až 5 pracovními rotory. Pracovní sekce u větších záběrů jsou připojeny tak, aby bylo dosaženo kopírovacího efektu. [1] Rotor se svislou osou otáčení je tvořený hřídelem, který je na konci opatřen unášecem, jež může mít různou podobu. Řada výrobců si je

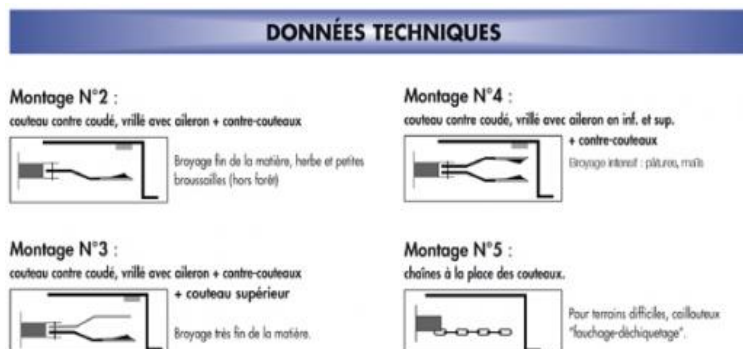
patentuje. Unášec nese pracovní nože, a to s různou geometrií i uspořádáním. Zpravidla bývá osazen osazený 2 až 6 noži. Někteří výrobci používají nože usazené v jedné rovině, jiní upřednostňují tzv. etážové zavěšení ve dvou rovinách, kdy kombinují sací a drticí efekt jednotlivých úrovní. [4] Spodní část rotoru může být opatřena kluzným talířem (ochranný kluzný disk) pro udržování výšky strniště. Některé typy vertikálních mulčovačů jsou místo noží opatřeny článkovými řetězy. Pro dosažení lepšího drticího efektu je možné osadit vnitřní stranu krytu rotoru protiostrím.[1]



2.13 Detail rotoru vertikálního mulčovače [17]



Obrázek 2.14 Druhy rotorů dle typu



2.15 Systémy montáže nožů.

Pohon rotoru zajišťuje většinou úhlová převodovka poháněná kardanovým hřídelem, a to od centrální převodovky umístěné na stroji. U malých modelů a

komunální a zahradní techniky se setkáváme rovněž s pohonem klínovými řemeny. Centrální převodovka získává energii od vývodového hřídele trakčního prostředku. [4]



2.16 Pohon rotoru [21]

Další skupinou příslušenství jsou u těchto mulčovačů různá nivelační a kopírovací kola, která u velkých záběrů slouží zpravidla jako kola transportní, případně se jedná o nivelační a kopírovací válce. Možností je rovněž u některých velkoplošných vertikálních mulčovačů montáž pomocných kopírovacích kol do vnějších rohů „křídel“ mulčovače v jeho přední části. Zejména u velkých modelů se setkáváme s odpružením podvozku, přičemž jde buď o centrální odpružení, které slouží pro přepravu po pozemních komunikacích, některé modely mohou být rovněž osazeny individuálním odpružením podvozku, které nachází využití také při samotném pracovním nasazení.



2.17 Ukázka přepravního osvětlení [13]



2.18 Mulčovač s přepravními koly

U všech mulčovačů by pak neměly chybět veškeré náležitosti související s provozem na pozemních komunikacích a bezpečností silničního provozu vůbec, kdy se jedná o přepravní osvětlení a výstražné tabule. [3]

3. AGREGACE PLOŠNÝCH STROJŮ [4]

Důležitým konstrukčním prvkem jsou různá provedení závěsů, podle způsobu agregace lze rozdělit mulčovače na :

- plošné
- boční



Obrázek 3.1 Rotační mulčovač plošný [22]



Obrázek 3.2 Boční agregace [22]

Plošné mulčovače najdeme mezi horizontálními i vertikálními modely. Tato agregace vypadá tak, že středová osa mulčovače prochází středovou osou trakčního prostředku. Horizontální mulčovače se připojují pomocí tříbodového závěsu (TBZ) traktoru, a to jak k předním, tak i zadním ramenům hydrauliky. U vertikálních mulčovačů menších pracovních záběrů se setkáváme opět s agregací do předního, nebo zadního tříbodového závěsu, u větších pracovních záběrů slouží k připojení k traktoru klasická oj s tažným okem, či jiným zakončením.



Obrázek 3.3 Tříbodový závěs [21]

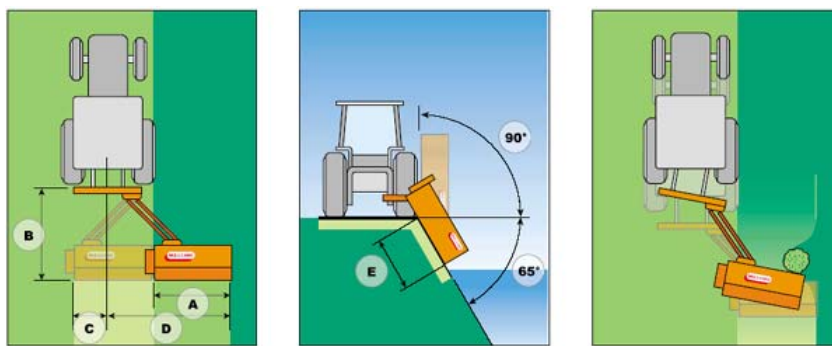
Zejména u menších, komunálních a viničních mulčovačů nalezneme možnost posuvu pracovní sekce mimo osu traktoru. Konzola pro připojení do TBZ je opatřena mechanickým, nebo hydraulickým systémem posuvu, což oceňují uživatelé v trvalých kulturách, nebo majitelé velmi členitých pozemků. Výhodné je to také u menších mulčovačů, jejichž pracovní záběr nedosahuje celkové šířky traktoru a toto je možnost, jak ošetřit i okraje pozemků. Dále se můžeme setkat se závěsy u bočních mulčovačů, které jsou doménou zejména horizontálních strojů. Samotný mulčovač je spojen s konzolou pro agregaci do TBZ přes hydraulicky nastavitelné a polohovací rameno.



Obrázek 3.4 Hydraulický posuv mimo osu traktoru [13]

4. MOŽNOSTI BOČNÍCH MULČOVAČŮ [4]

Boční stroje lze díky hydraulicky polohovatelnému rameni vychýlit mimo osu traktoru, a to v celém jejich pracovním záběru, či naopak zaklopit mulčovací hlavu přímo za trakční prostředek. Nastavení pracovní sekce se rovněž provádí prostřednictvím mulčovací hlavy uložené na čepu. Toho se využívá při kopírování terénních nerovností a ošetřování břehů vodotečí a příkopů. Úhel naklopení dosahuje zpravidla -70° až $+90^\circ$. V řadě podniků dali přednost těmto strojům před klasickými příkopovými rameny. Příkopové rameno je další z možností, jak agregovat zejména horizontální mulčovače. Řada z nich nabízí rovněž možnost výměny pracovních orgánů a mulčovacích hlav.



Obrázek 4.1 Polohy vychýlení bočních mulčovačů



Obrázek 4.2 Boční mulčovač



Obrázek 4.3 Příkopové rameno [14]

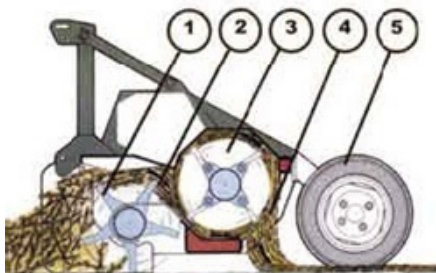
Existují také speciální závěsy s hydraulicky polohovatelnými rameny, které slouží k agregaci plošných mulčovačů a umožňují práci mimo osu traktoru. Tento způsob se využívá tam, kde je nutné mulčovat široké travnaté pásy kolem cest, avšak je žádoucí, aby se trakční prostředek pohyboval po zpevněné komunikaci. Další možnost agregace přichází spolu s rozšiřováním samojízdných žacích strojů s pracovními záběry nad 9 m. Vzhledem k tomu, že jde o jednoúčelové stroje, jejichž ekonomika je zajímavá

při překročení ročního nasazení asi od 2500 až 3000 ha, je možnost zaměnit žací stroje za mulčovače vítaným využitím této investičně náročné, avšak velmi funkční techniky. V tomto případě jde pouze o několik málo výrobců, z hlediska konstrukce se využívají mulčovače s horizontální osou rotace.



Obrázek 4.4 Mulčovací hlava s rozsahem 240° [17]

Také v případě mulčovací techniky existují konstrukční řešení, která z obecně platných kategorií vybočují. Asi nejběžnějším provedením jsou vyžínací ramena pro kraje vozovek, příkopy či břehy vodních toků. Jde o horizontální mulčovač poháněný zpravidla hydraulickým systémem (vlastním nebo hydraulikou trakčního prostředku). Mulčovací hlava se záběrem asi $(1,5 \div 2)$ m je upevněna na hydraulicky polohovatelném rameni s dosahem několik metrů. Obdobně jsou konstruovány speciální mulčovací hlavy, které se upínají na hydraulická ramena techniky pro zemní práce, uplatnění naleznou i v komunálních službách a stavebnictví. Určité speciality s sebou přinášejí stroje do sadů a vinic. Zajímavé jsou modely s variabilním pracovním záběrem, které vycházejí z konstrukce vertikálních mulčovačů. Pracovní rotory jsou spolu s krytem upevněny na hydraulicky posuvných ramenech a z kabiny trakčního prostředku je možné měnit pracovní záběr stroje od 2 do 4 m. Některé mulčovače pro sady a vinice mohou být též opatřeny rotorem pro sběr a vyčesávání ostatního dřevního materiálu, který je následně rozdrcen samotným mulčovacím rotorem.



Obrázek 4.5 Drtič Lagarde BRM [18]

5. PODSEKÁVAČE OHRADNÍKŮ [4]

Mezi speciální techniku můžeme rovněž zařadit stroje pro obsekávání kůlů, ohrad, sloupů, svodidel či kmenů stromů. Tyto mulčovače se vyrábějí jako samostatné stroje nebo mohou být součástí příslušenství ke klasickým plošným mulčovačům vertikální nebo horizontální konstrukce. Tvoří je žací hlava s rotačním nožem (připomíná rotační sekačku na trávník) umístěná na hydraulicky polohovatelném rameni, nůž je poháněn hydraulicky. Žací hlava je dále doplněna čidlem (hmatačem), které může mít podobu silného drátu z pružné oceli nebo speciálního nárazníku. Při kontaktu s překážkou (stromem, kulem) dostane pokyn od tohoto hmatače hydraulický rozvaděč, který po překonání překážky opět vrátí rameno spolu s žací hlavou zpět do pracovní polohy. Existují také jednodušší, ryze mechanické verze, hmatač dává pokyn pro vychýlení ramene (unášec) mulčovací hlavy prostřednictvím táhel a pružin. Na některé mulčovače pro sady a vinice či komunální služby je možné rovněž montovat nádrže s aplikačními tryskami pro dávkování herbicidů.



Obrázek 5.1 Ožínání kmenů stromů



Obrázek 5.2 Rotační mulčovač s výkyvnou sekčí AFLR

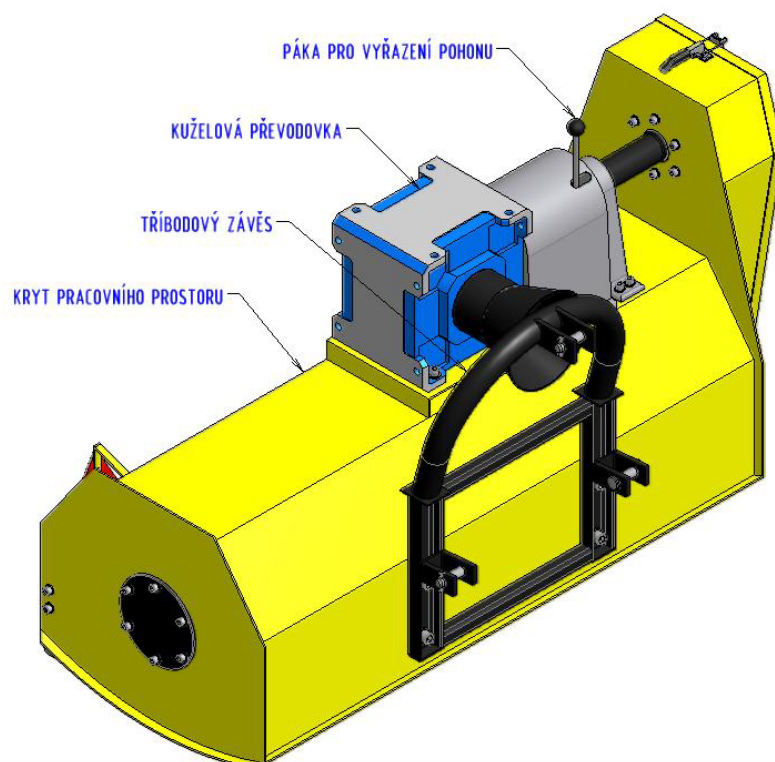


Obrázek 5.3 Rotorový mulčovač 160 / 200 Multi Cut [17]

6. KONSTRUKČNÍ NÁVRH A PEVNOSTNÍ KONTROLA MULČOVAČE

Náplní mé bakalářské práce je navrhnout mulčovač připojený za malotraktor. Rozhodl jsem se pro mulčovač s vodorovnou osou otáčení.

Specifickým požadavkem je, aby mohl být používán pouze při pojezdové závislosti, kdežto sériově vyráběné mulčovače bývají konstruovány pro použití při motorové závislosti pro otáčky vývodového hřídele traktoru (540 nebo 1000) min^{-1} . Při této variantě by musel být odpojen pohon jedné nápravy. Z důvodu možnosti mulčování členitých a hůře dostupných ploch je výhodnější, aby byly poháněny obě nápravy malotraktoru, což lze využít u pojezdové závislosti. Zde jsou otáčky vývodového hřídele závislé na otáčkách zadních kol. Uvažujeme pracovní rychlost mulčovače 3 km.hod^{-1} , což odpovídá 2. rychlostnímu stupni, který má maximální otáčky vývodového hřídele 260 min^{-1} .



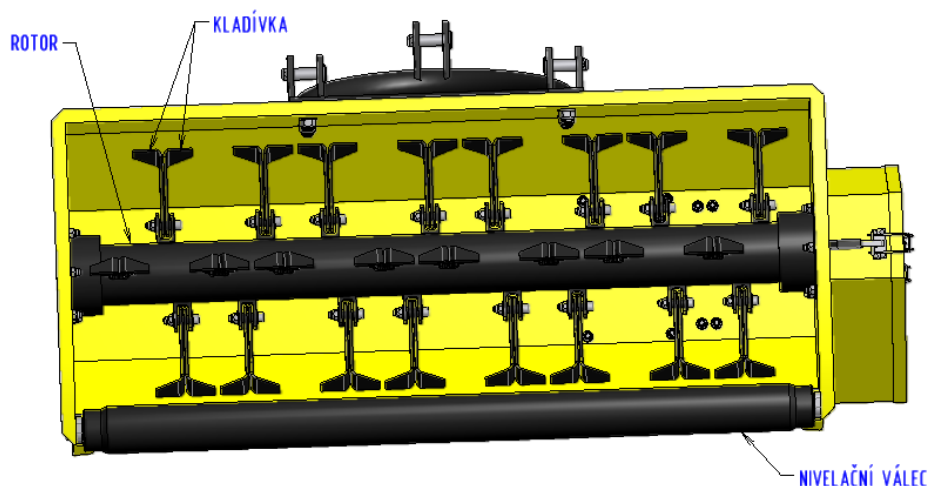
Obrázek 6.1 Konečná podoba navrhovaného mulčovače – pohled ze předu

Točivý moment je přenášen z traktoru přes kloubový hřídel na kuželovou převodovku, která je umístěna na krytu stroje. Zvolil jsem kuželovou převodovku od firmy Elektromotory – převodovky s.r.o. s převodovým poměrem $i_{pr} = 1:5$ [-]. Vstupní hřídel převodovky musí být drážkovaný, tak aby byl kompatibilní s drážkováním

kloubového hřídele. Dále je řemenovým převodem převáděn na rotor, který je připojen k nosné konstrukci mulčovače čepy uloženými na koncích v ložiscích.

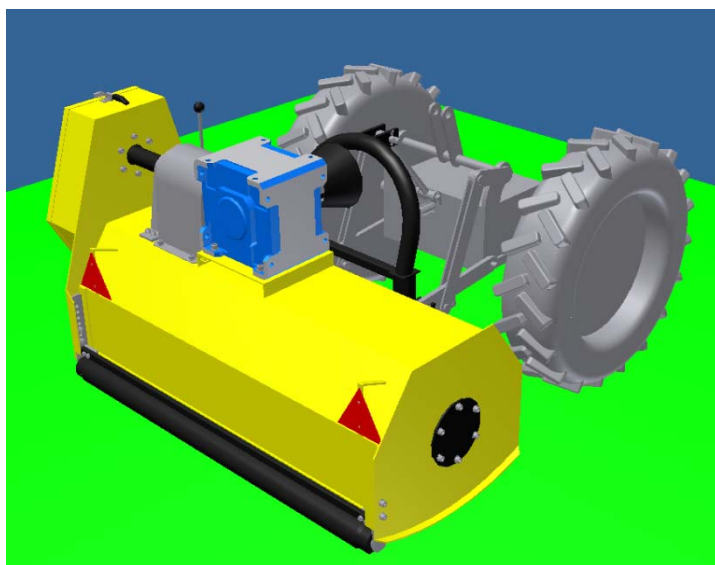
Z bezpečnostních důvodů musí být mulčovač vybaven mechanicky ovládanou spojkou. Protože jsem v žádném katalogu nenašel vyhovující spojku, musel jsem ji navrhnout (viz kapitola 6.5).

K rotoru je připevněno 64 nožů ve tvaru písmene L. Nože jsou přichyceny k rotoru po dvojicích pomocí náboje a šroubů se samojistícími maticemi. Jsou rozmístěny ve vzájemně se překrývajících řadách potočených o 90°.



Obrázek 6.2 Detail pracovního prostoru

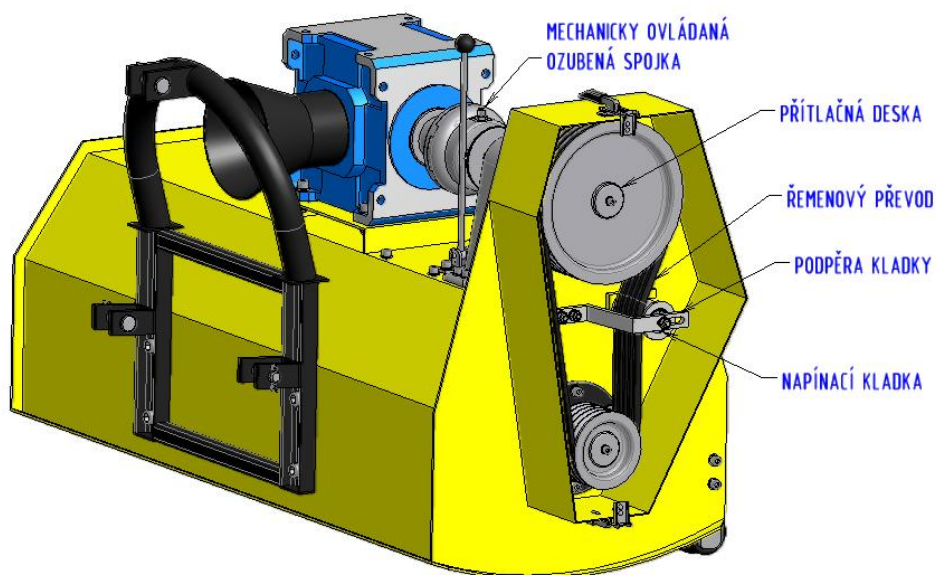
Mulčovač je připevněn k trakčnímu prostředku pomocí zadního třibodového závěsu s čepy. V zadní části je připevněn ke krytu výškově stavitelný nivelační válec. Stroj musí být vybaven přepravním osvětlením a výstražnými tabulemi.



Obrázek 6.3 Mulčovač v pracovní poloze

6.1 NÁVRH ŘEMENOVÉHO PŘEVODU A VOLBA VELIKOSTI KLÍNOVÉHO ŘEMENE [5]

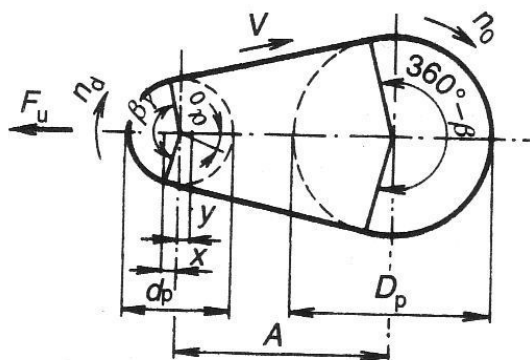
Řemenový převod bude přenášet točivý moment z boční převodovky na rotor. Řemenice budou axiálně jistěny pomocí přitlačných desek s osovým šroubem. Řemeny budou napínány kladkou, kterou lze pohybovat v horizontálním směru. Kladka je připevněna ke krytu rotoru a podpírána úchytem s drážkou. Řemenový převod je chráněn plechovým krytem, který je zajištěn hákovou packovou svorkou.



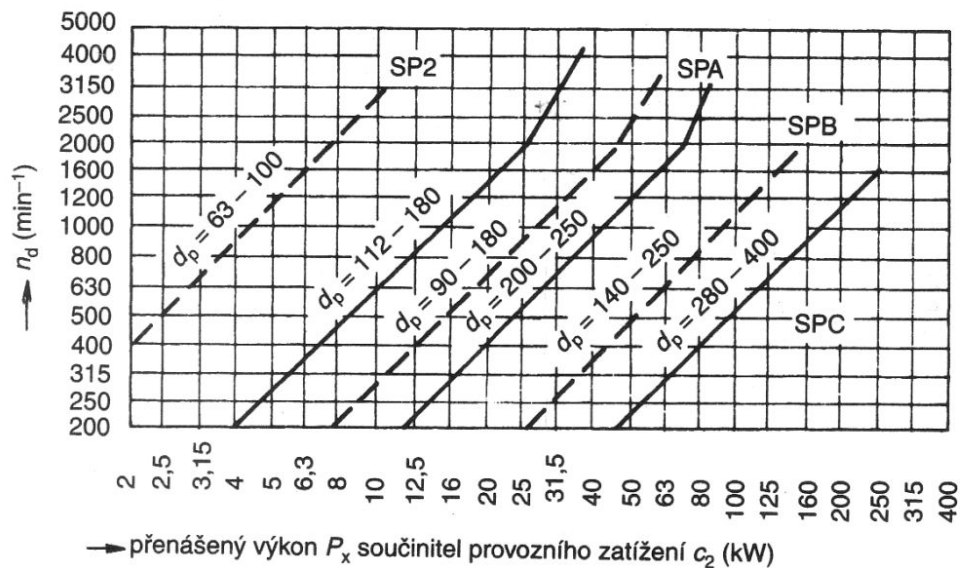
Obrázek 6.4 Detail řešení řemenového převodu

Ve výpočtu budu postupovat dle ČSN 02 3114.

Stanovení průřezu klínového řemene úzkého:



Obrázek 6.5 Schéma a popis řemenového převodu [5]



Obrázek 6.6 Diagram pro určení průřezu klínového řemene [5]

$$P_v = P \cdot c_2 \quad [\text{kW}] \quad (6.1)$$

$$P_v = 30 \cdot 1,1 = 33 \quad [\text{kW}]$$

kde P_v výpočtový výkon [kW]

P přenášený výkon; $P = 30$ [kW]

c_2 součinitel provozního zatížení; volím $c_2 = 1,1$ [1]

Volím **průřez úzkého řemene SPA** a **výpočtový průměr malé řemenice**

$$d_p = 125 \quad [\text{mm}].$$

Výpočtový průměr velké řemenice:

$$i_{rem} = \frac{n_D}{n_d} \quad [1] \quad (6.2)$$

$$i_{rem} = \frac{1300}{2800} = 0,4643 \quad [1]$$

kde i_{rem} převodový poměr řemenového převodu

n_D otáčky velké řemenice; $n_D = 1300$ [min⁻¹]

n_d otáčky malé řemenice; $n_d = 2800$ [min⁻¹]

$$D_p = \frac{d_p}{i_{rem}} \quad [\text{mm}] \quad (6.3)$$

$$D_p = \frac{125}{0,4643} = 269,22 \text{ [mm]}$$

kde D_p výpočtový průměr velké řemenice [mm]

Volím **výpočtový průměr velké řemenice** $D_p = 270 \text{ [mm]}$.

Obvodová rychlost:

$$v = \frac{d_p \cdot n_d}{19100} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6.4)$$

$$v = \frac{125 \cdot 2800}{19100} = 18,32 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

kde v obvodová rychlost [m · s⁻¹]

Největší přístupná obvodová rychlost klínových řemenů je $v = 40 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$

Kontrola osové vzdálenosti řemenic:

Z konstrukčního řešení vyšla osová vzdálenost $A = 417 \text{ [mm]}$.

$$0,7(D_p + d_p) < A < 2(D_p + d_p) \text{ [mm]} \quad (6.5)$$

$$0,7(270 + 125) < A < 2(270 + 125) \text{ [mm]}$$

$$276,5 < 417 < 790 \text{ [mm]} \dots\dots\dots \text{vyhovuje}$$

kde A osová vzdálenost [mm]

Úhel opásání malé řemenice:

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{D_p - d_p}{2A} \text{ [1]} \quad (6.6)$$

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{270 - 125}{2 \cdot 417} = 0,17386 \text{ [1]}$$

$$\frac{\beta}{2} = 79,98 \text{ [}^\circ \text{]}$$

Kde β úhel opásání malé řemenice [°]

$$\alpha_0 = 90^\circ - \frac{\beta}{2} \text{ [}^\circ \text{]} \quad (6.7)$$

$$\alpha_0 = 90^\circ - 79,98^\circ = 10,02 \text{ [}^\circ \text{]}$$

kde $\alpha_0 \dots\dots$ doplňkový úhel $[\circ]$

Výpočtová délka klínového řemene:

$$L_p = 2A \sin \frac{\beta}{2} + \frac{\pi}{2} (D_p + d_p) + \frac{\pi \alpha_0}{180^\circ} (D_p - d_p) \quad [\text{mm}] \quad (6.8)$$

$$L_p = 2 \cdot 417 \cdot \sin 79,98^\circ + \frac{\pi}{2} (270 + 125) + \frac{\pi \cdot 10,02^\circ}{180^\circ} (270 - 125) = 1416,38 \quad [\text{mm}]$$

kde $L_p \dots\dots$ výpočtová délka klínového řemene $[\text{mm}]$

Volím **délku řemene** $L_p = 1432 \quad [\text{mm}]$. Volím řemeny z katalogu od firmy RUBENA. [8]

Počet klínových řemenů:

$$z = \frac{P \cdot c_2}{P_r \cdot c_1 \cdot c_3} \quad [1] \quad (6.9)$$

$$z = \frac{30 \cdot 1,1}{7,47 \cdot 0,95 \cdot 0,91} = 5,11 \quad [1]$$

kde $z \dots\dots$ počet klínových řemenů $[1]$

$c_1 \dots\dots$ součinitel úhlu opásání; volím $c_1 = 0,95 \quad [1]$

$c_3 \dots\dots$ součinitel délky klínového řemene; volím $c_3 = 0,91 \quad [1]$

$P_r \dots\dots$ výkon přenášený jedním úzkým řemenem; volí $P_r = 7,47 \quad [\text{kW}]$

Vypočtenou hodnotu z zaokrouhlíme na nejbližší celé číslo. [26]

Volím **5 úzkých klínových řemenů**.

Ohybová frekvence:

$$f_o = \frac{2000 \cdot v}{L_p} \quad [\text{s}^{-1}] \quad (6.10)$$

$$f_o = \frac{2000 \cdot 18,32}{1400} = 26,17 \quad [\text{s}^{-1}]$$

kde $f_o \dots\dots$ ohybová frekvence $[\text{s}^{-1}]$

Obvodová síla:

$$F_o = \frac{102 \cdot P \cdot 9,81}{v} \quad [\text{N}] \quad (6.11)$$

$$F_o = \frac{102 \cdot 30 \cdot 9,81}{18,32} = 1638,6 \quad [\text{N}]$$

kde F_o obvodová síla [N]

Pracovní předpětí řemene:

$$F_u = (1,5 \div 2)F = 1,5 \cdot F \quad [\text{N}] \quad (6.12)$$

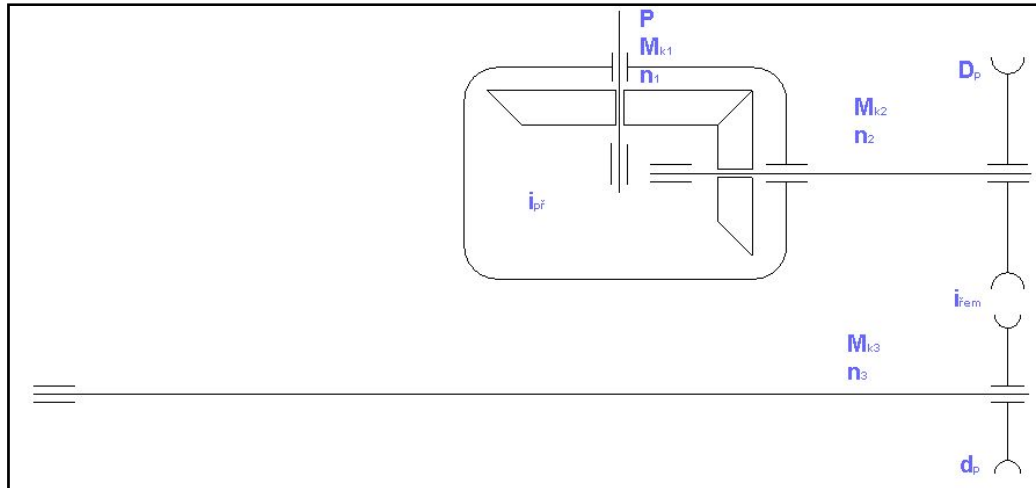
$$F_u = 1,5 \cdot 1638,6 = 3277,2 \quad [\text{N}]$$

kde F_u pracovní předpětí řemene [N]

Označení řemene:

ŘEMEN - SPA 1432Lw 1450La - ISO 4184

6.2 NÁVRH A VÝPOČET PŘEVODOVÉHO ÚSTROJÍ



Obrázek 6.7 Schéma převodového ústrojí

Celkový převodový poměr:

$$i_{celk} = \frac{n_1}{n_3} \quad [1] \quad (6.13)$$

$$i_{celk} = \frac{260}{2800} = 0,09285 = 1 : 10,77 \quad [1]$$

kde i_{celk} celkový převodový poměr [1]

n_1 otáčky vývodového hřídele malotraktoru $n_1 = 260$ [min⁻¹]

n_3 požadované otáčky rotoru $n_3 = 2800$ [min⁻¹]

Výstupní otáčky převodovky:

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{př}} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (6.14)$$

$$n_2 = \frac{260}{0,2} = 1300 \quad [\text{min}^{-1}]$$

kde n_2 výstupní otáčky převodovky [min⁻¹]

$i_{př}$ převodový poměr převodovky $i_{př} = 1 : 5$ [1]

Skutečný převodový poměr řemenového převodu:

$$i_{řem skut} = \frac{d_p}{D_p} \quad [1] \quad (6.15)$$

$$i_{řem skut} = \frac{125}{270} = 0,46296 \quad [1]$$

kde $i_{řem skut}$ skutečný převodový poměr řemenového převodu [1]

Skutečné otáčky rotoru:

$$n_{3 skut} = \frac{n_2}{i_{řem skut}} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (6.16)$$

$$n_{3 skut} = \frac{1300}{0,46296} = 2808,02 \quad [\text{min}^{-1}]$$

kde $n_{3 skut}$ skutečné otáčky rotoru [min⁻¹]

Výpočet točivých momentů:

$$M_{k1} = \frac{60 \cdot P}{2\pi \cdot n_1} \quad [\text{Nm}] \quad (6.17)$$

$$M_{k1} = \frac{60 \cdot 30 \cdot 10^3}{2\pi \cdot 260} = 1101,84 \quad [\text{Nm}]$$

$$M_{k2} = M_{k1} \cdot i_{př} \cdot \eta_{př} \quad [\text{Nm}] \quad (6.18)$$

$$M_{k2} = 1101,8 \cdot 0,2 \cdot 0,96 = 211,55 \quad [\text{Nm}]$$

$$M_{k3} = M_{k2} \cdot i_{\text{řem skut}} \cdot \eta_{\text{řem}} \quad [\text{Nm}] \quad (6.19)$$

$$M_{k3} = 211,55 \cdot 0,46296 \cdot 0,96 = 94,02 \quad [\text{Nm}]$$

kde $M_{k1} \dots$ točivý moment před převodovkou $[\text{Nm}]$

$M_{k2} \dots$ točivý moment na horním hřídeli $[\text{Nm}]$

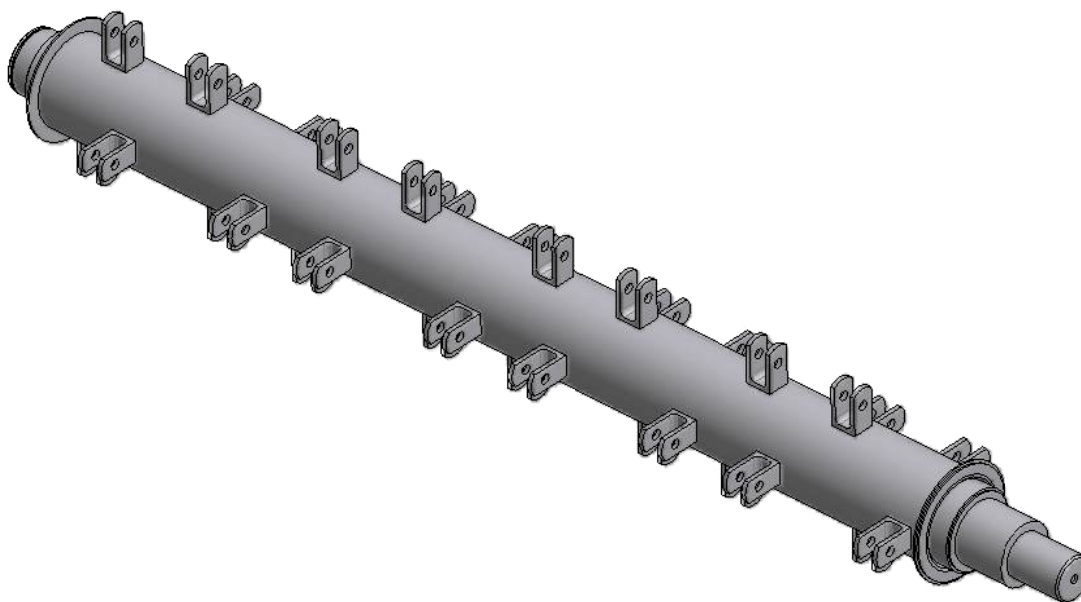
$M_{k3} \dots$ točivý moment na rotoru $[\text{Nm}]$

$\eta_{\text{př}} \dots$ účinnost převodovky; volím $\eta_{\text{řem}} = 0,96$ $[\text{mm}]$

$\eta_{\text{řem}} \dots$ účinnost řemenového převodu; volím $\eta_{\text{řem}} = 0,96$ $[\text{mm}]$

6.3 NÁVRH A VÝPOČET ROTORU

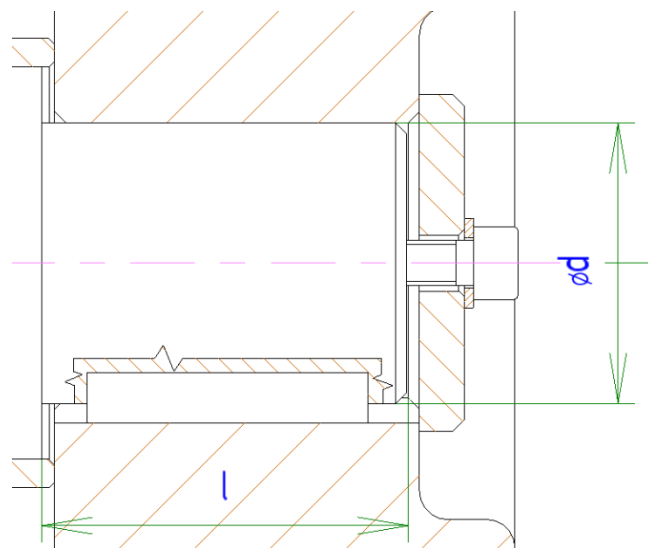
Rotor je řešen jako svařenec. Svařenec rotoru se skládá z trubky, levého a pravého čepu, krytů ložiskových domků a úchytek kladívek. Povrch rotoru v pracovním prostoru bude upraven černěním.



Obrázek 6.8 3D model rotoru

6.3.1 NÁVRH PRŮMĚRU A DÉLKY HŘÍDELE VE SPOJI

[6]



Obrázek 6.9 Detail čepu rotoru s řemenicí

Předběžný průměr hřídele:

Vypočítáme jej z pevnostní podmínky namáhání v krutu:

$$\tau_k \leq \tau_{Dk} \quad (6.20)$$

$$\frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi \cdot d'^3}{16}} \leq \tau_D \quad (6.21)$$

$$d' \geq \sqrt[3]{\frac{16M_k}{\pi \cdot \tau_{Dk}}} \quad [\text{mm}] \quad (6.22)$$

$$d' \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 94,02 \cdot 10^3}{\pi \cdot 86,94}} = 17,66 \quad [\text{mm}]$$

$$\tau_{Dk} = \frac{0,577 \cdot R_e}{k_e} \quad [\text{MPa}] \quad (6.23)$$

$$\tau_{Dk} = \frac{0,577 \cdot 226}{1,5} = 86,94 \quad [\text{MPa}]$$

kde τ_k napětí v krutu [MPa]

τ_{Dk} dovolené napětí v krutu [MPa]

M_k točivý moment [Nm]

W_k modul průřezu v krutu [mm³]

d' předběžný průměr čepu [mm]

R_e mez kluzu [MPa]

k_e bezpečnost vůči mezi kluzu; volím $k_e = 1,5$

Protože rotor bude vyroben jako svařenec, volil jsem materiál 11 423.0 se zaručenou svařitelností.

Tabulka 1 Mechanické vlastnosti materiálu [5]

Materiál	R_m [MPa]	$R_{e\min}$ [MPa]	Tvrdost HB
11 423.0	420 až 520	226	max. 185

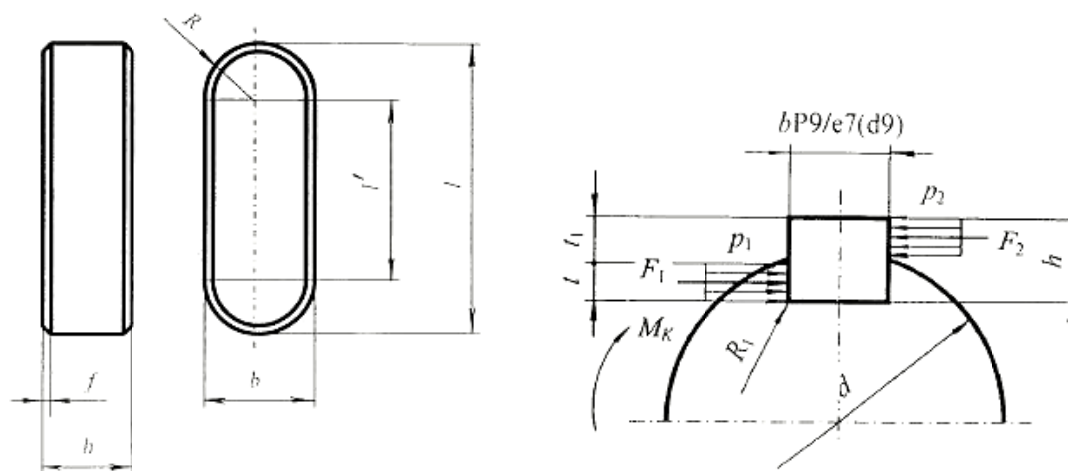
Volím **průměr** $\phi d = 50$ [mm] **a délku** $l = 65$ [mm].

6.3.2 NÁVRH A VÝPOČET TĚSNÉHO PERA [6]

Pero spojuje malou řemenici s čepem rotoru. Pomocí vypočítaného průměru hřídele jsem zvolil z normy ČSN 02 2562 normalizovaný průřez pera $b \times h$ a určíme hloubku drážky v hřídeli t a v náboji t_1 .

Tabulka 2 Rozměry pera [5]

ϕd [mm]	$b \times h$ [mm]	t [mm]	t_1 [mm]
50	14×9	5,5	3,5



Obrázek 6.10 Působící síly a rozměry pera [6]

Účinná délka pera:

Zjistíme ji z kontroly pera na otlačení:

$$p_2 > p_1 \quad (6.24)$$

$$p_2 = \frac{F_2}{l' \cdot t_1} \leq p_D \quad (6.25)$$

$$l' \geq \frac{F_2}{p_D \cdot t_1} \quad [\text{mm}] \quad (6.26)$$

$$l' \geq \frac{3514,8}{120 \cdot 3,5} = 8,37 \quad [\text{mm}]$$

$$F_2 = \frac{M_k}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} \quad [\text{N}] \quad (6.27)$$

$$F_2 = \frac{94,02 \cdot 10^3}{\frac{50}{2} + \frac{3,5}{2}} = 3514,8 \quad [\text{N}]$$

kde p_1 tlak působící na drážku v hřídeli [MPa]
 p_2 tlak působící na drážku v náboji [MPa]
 p_D dovolený tlak; dle [6] volím $p_D = 120$ [MPa]
 F_2 síla působící na drážku v náboji [N]
 t_1 hloubka drážky v náboji [mm]
 l' účinná délka pera [mm]

Potřebná délka pera:

$$l = l' + 2R = l' + b \quad [\text{mm}] \quad (6.28)$$

$$l = 8,37 + 14 = 22,37 \quad [\text{mm}]$$

kde l potřebná délka pera [mm]

Volím **délku pera** $l = 50$ [mm]

Kontrola pera na střih:

$$\tau_S \leq \tau_{DS} \quad (6.29)$$

$$\frac{F_s}{l \cdot b} \leq \tau_{DS} \quad (6.30)$$

$$\frac{3760,8}{50 \cdot 14} \leq 30 \quad [\text{MPa}]$$

5,37 ≤ 30 [MPa] vyhovuje

$$F_s = \frac{M_k}{\frac{d}{2}} \quad [\text{N}] \quad (6.31)$$

$$F_s = \frac{94,02 \cdot 10^3}{\frac{50}{2}} = 3760,8 \quad [\text{N}]$$

kde τ_s napětí ve střihu [MPa]

τ_{DS} dovozené napětí ve střihu; dle [6] volím $\tau_{DS} = 30$ [MPa]

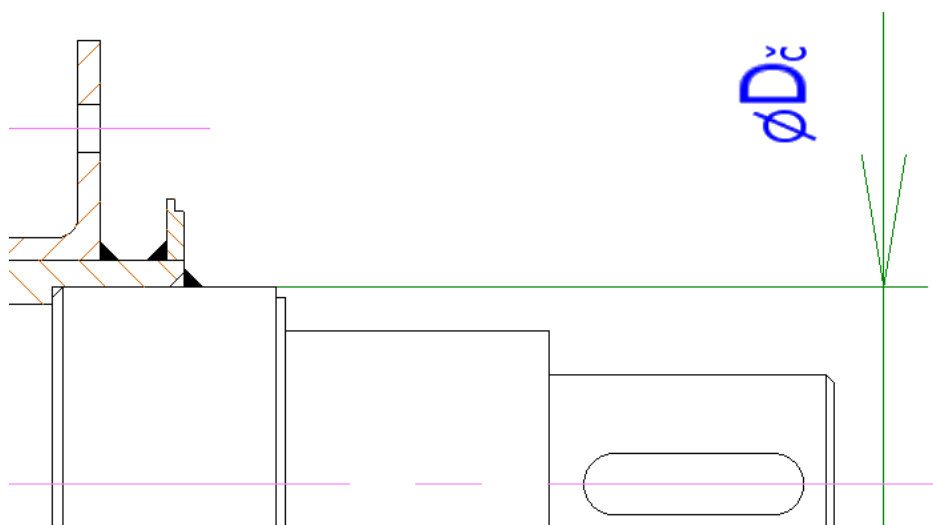
F_s střižná síla [N]

Označení pera:

PERO 14e7 × 9 × 50 ČSN 02 2562

6.3.3 NÁVRH A VÝPOČET SVARŮ ROTORU [6]

V této části se budu zabývat výpočtem svaru čepů s trubkou, který je namáhán krutem. Předpokládáme, že náboje jsou na čepech uloženy bez vůle (H8/m7).



Obrázek 6.11 Detail svaru

Průřezový modul výpočtového průřezu sklopeného do roviny připojení:

$$W_{ks} = \frac{\frac{\pi}{32} \cdot [(D_{\epsilon} + 2a)^4 - D_{\epsilon}^4]}{\frac{D_{\epsilon}}{2} + a} \quad [\text{mm}^3] \quad (6.32)$$

$$W_{ks} = \frac{\frac{\pi}{32} \cdot [(90 + 2 \cdot 3)^4 - 90^4]}{\frac{90}{2} + 3} = 39524,87 \quad [\text{mm}^3]$$

kde W_{ks} průřezový modul výpočtového průřezu $[\text{mm}^3]$

a velikost nosného průřezu koutového svaru; volím $a = 3$ $[\text{mm}]$

D_{ϵ} průměr otvoru pro čep; $D = 90$ $[\text{mm}]$

Statická pevnostní kontrola:

$$\tau_{//}^{Mk} \leq \tau_{Dsv} \quad (6.33)$$

$$\frac{\frac{M_k}{2}}{W_{ks}} \leq \beta_s \cdot k_4 \cdot \frac{R_e}{k_s} \quad [\text{MPa}] \quad (6.34)$$

$$\frac{94,02 \cdot 10^3}{39524,87} \leq 1,1731 \cdot 0,65 \cdot \frac{226}{1,5} \quad [\text{MPa}]$$

$$1,19 \leq 114,89 \quad [\text{MPa}] \dots\dots\dots \text{vyhovuje}$$

$$z_{sv} \doteq 1,41 \cdot a \quad [\text{mm}]$$

$$z_{sv} \doteq 1,41 \cdot 3 = 7,05 \quad [\text{mm}]$$

Pro $z_{sv} < 10$ $[\text{mm}]$:

$$\beta_s = 1,3 - 0,03 \cdot z_{sv}$$

$$\beta_s = 1,3 - 0,03 \cdot 4,23 = 1,1731 \quad [1]$$

kde $\tau_{//}^{Mk}$ smykové napětí působící v rovnoběžném směru zatížené
točivým momentem $[\text{MPa}]$

τ_{Dsv} dovolené napětí ve svaru $[\text{MPa}]$

k_4 převodní součinitel koutového svaru boční. Za předpokladu

ručního svařování elektrickým obloukem uhlíkové oceli

elektrodou E.44.83 je převodní součinitel $k_4 = 0,65$ [1]

k_s statická bezpečnost; $k_s = (1,25 \div 2)$; volím $k_s = 1,5$ [1]

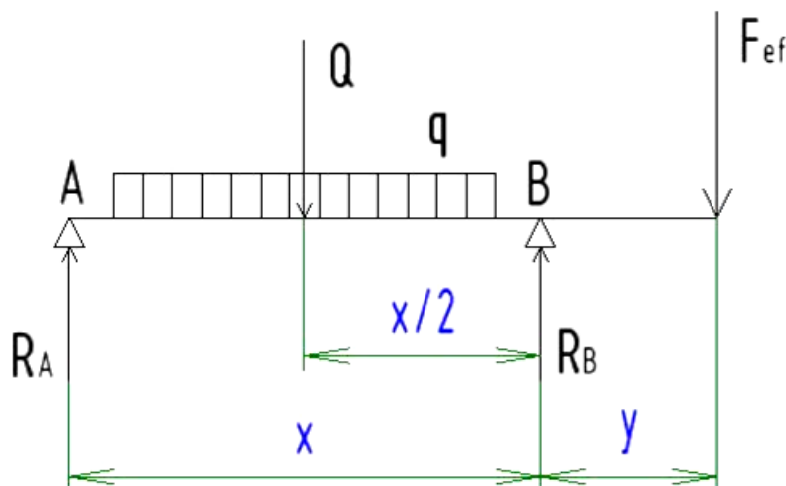
β_s součinitel tloušťky koutového svaru [1]

z_{sv} šířka svaru [mm]

6.3.4 KONTROLA KULIČKOVÝCH LOŽISEK

Z důvodu velké prašnosti v pracovním v prostoru jsem volil ložiska utěsněná z obou stran. Dále jsou chráněny hřídelovými těsněními a víky, které jsou zároveň ložiskovými domky kryty ložiskových domků s tzv. labirintem.

Rozbor sil:



Obrázek 6.12 Schéma uspořádání ložisek na rotoru

U řemenových převodů je nutné použít pro výpočet zatížení ložiska tzv. efektivní tažnou sílu v řemenu, jejíž hodnotu získáme vynásobením obvodové síly součinitelem f_p . [10]

$$F_{ef} = f_p \cdot F_O \quad [\text{N}] \quad (6.35)$$

$$F_{ef} = 2 \cdot 1638,6 = 3277,2 \quad [\text{N}]$$

$$\text{kde} \quad f_p = (1,2 \div 2,5) \quad [1]; \text{ volím } f_p = 2 \quad [1]$$

Jako spojité zatížení uvažuji kladívka v záběru. Sílu vyvozující kladívka vypočítám z točivého momentu a ramena kladívka R . Spojité zatížení nahradím silou Q .

$$F_{kl} = \frac{M_k}{R} \quad [\text{N}] \quad (6.36)$$

$$F_{kl} = \frac{94,02 \cdot 10^3}{200} = 470,1 \quad [\text{N}]$$

$$Q = F_{kl} \quad [\text{N}] \quad (6.37)$$

kde A, B ložisko

R_A reakce v ložisku A [N]

R_B reakce v ložisku B [N]

F_{ef} efektivní tažná síla v řemenu [N]

F_{kl} síla vyvozující kladívko [N]

Q síla nahrazující spojité zatížení [N]

q spojité zatížení [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$]

R rameno kladívka; $R = 200$ [mm]

x vzdálenost mezi ložisky; $a = 1227$ [mm]

y vzdálenost řemenice k ložisku; $b = 113$ [mm]

Volím ložiska SKF 6214 – 2RS1.

Tabulka 3 Základní údaje ložiska [7]

Typ ložiska	d [mm]	D [mm]	B [mm]	C [N]	C_0 [N]
6214 – 2RS1	70	125	24	63 700	45 000

Výpočet reakcí:

$$\sum M_{iA} = 0 \quad (6.38)$$

$$-Q \cdot \frac{x}{2} + R_B \cdot x - F_{ef}(x + y) = 0 \quad (6.39)$$

$$R_B = \frac{Q \cdot \frac{x}{2} + F_{ef}(x + y)}{x} \quad [\text{N}] \quad (6.40)$$

$$R_B = \frac{470,1 \cdot \frac{1227}{2} + 3277,2 \cdot (1227 + 113)}{1227} = 3814 \quad [\text{N}]$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad (6.41)$$

$$R_A - Q + R_B - F_{ef} = 0 \quad (6.42)$$

$$R_A = Q - R_B + F_{ef} \quad [\text{N}] \quad (6.43)$$

$$R_A = 470,1 - 3814 + 3277,2 = -66,7 \quad [\text{N}]$$

Reakce R_A vyšla záporně. Síla působí opačným směrem, než jsme předpokládali.

Stanovení dynamického ekvivalentního zatížení ložiska:

Ložisko B je zatíženo větší radiální silou než ložisko A, proto dále budu kontrolovat ložisko B.

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \Rightarrow X = 1; Y = 0 \quad [1] \quad (6.44)$$

$$P_r = F_r \cdot X + F_a \cdot Y \quad [\text{N}] \quad (6.45)$$

$$P_r = 3814 \cdot 1 + 0 \cdot 0 = 3814 \quad [\text{N}]$$

kde P_r ekvivalentní dynamické zatížení $[\text{N}]$

F_a axiální složka skutečného zatížení $[\text{N}]$

F_r radiální složka skutečného zatížení $[\text{N}]$

X koeficient radiálního dynamického zatížení $[1]$

Y koeficient axiálního dynamického zatížení $[1]$

Výpočet trvanlivosti:

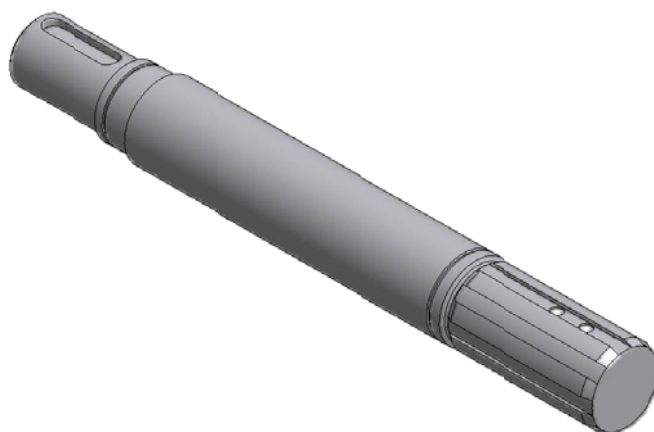
$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P_r} \right)^p \quad [\text{hod}] \quad (6.46)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 2800} \cdot \left(\frac{63700}{3814} \right)^3 = 27731 \quad [\text{hod}]$$

kde L_{10h} trvanlivost ložiska [hod]
 n otáčky ložiska [min^{-1}]
 p exponent; pro kuličková ložiska $p = 3$ [1]
 C základní dynamická únosnost ložiska [N]

6.4 NÁVRH A VÝPOČET HORNÍ HŘÍDELE

Horní hřídel je spojen vpravo s velkou řemenicí a uložen v ložisku, které je uloženo ve víku. V pravé části je ložisko uloženo v ložiskovém domku, který je pevně spojen s nosnou konstrukcí. Na pravém konci je drážkování, na kterém se pohybuje dle potřeby protikus ozubené spojky.



Obrázek 6.13 3D model horní hřídele

6.4.1 NÁVRH PRŮMĚRU A DÉLKY HŘÍDELE VE SPOJI [6]

Předběžný průměr hřídele:

Vycházím ze vzorců (6.20), (6.21), (6.22), (6.23):

$$d' \geq \sqrt[3]{\frac{16M_k}{\pi \cdot \tau_{Dk}}} \quad [\text{mm}] \quad (6.47)$$

$$d_1' \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 211,55 \cdot 10^3}{\pi \cdot 94,24}} = 22,53 \quad [\text{mm}]$$

$$\tau_{Dk} = \frac{0,577 \cdot R_e}{k_e} \quad [\text{MPa}] \quad (6.48)$$

$$\tau_{Dk} = \frac{0,577 \cdot 245}{1,5} = 94,24 \quad [\text{MPa}]$$

Volil jsem materiál 11 500.0.

Tabulka 4 Mechanické vlastnosti materiálu [5]

Materiál	R_m [MPa]	$R_{e\min}$ [MPa]	Tvrlost HB
11 500.0	470 až 610	245	max. 268

Volím **průměr** $\phi d_1 = 40$ [mm] **a délku** $l = 62$ [mm].

6.4.2 NÁVRH A VÝPOČET TĚSNÉHO PERA [6]

Pero spojuje velkou řemenici s horní hřídelí. Pomocí vypočítaného průměru hřídele jsem zvolil z normy ČSN 02 2562 normalizovaný průřez pera $b \times h$ a určíme hloubku drážky v hřídeli t a v náboji t_1 .

Tabulka 5 Rozměry pera [5]

ϕd_1 [mm]	$b \times h$ [mm]	t [mm]	t_1 [mm]
40	12×8	4,9	3,1

Účinná délka pera:

Vycházím ze vzorců (6.24), (6.25), (6.26), (6.27):

$$l' \geq \frac{F_2}{p_D \cdot t_1} \quad [\text{mm}] \quad (6.49)$$

$$l' \geq \frac{9816,7}{120 \cdot 3,1} = 26,39 \quad [\text{mm}]$$

$$F_2 = \frac{M_k}{\frac{d_1}{2} + \frac{t_1}{2}} \quad [\text{N}] \quad (6.50)$$

$$F_2 = \frac{211,55 \cdot 10^3}{\frac{40}{2} + \frac{3,1}{2}} = 9816,7 \quad [\text{N}]$$

Potřebná délka pera:

$$l = l' + b \quad [\text{mm}] \quad (6.51)$$

$$l = 26,39 + 12 = 38,39 \quad [\text{mm}]$$

Volím **délku pera** $l = 50$ [mm]

Kontrola pera na stříh:

Vycházím ze vzorců (6.29), (6.30), (6.31):

$$\frac{F_s}{l \cdot b} \leq \tau_{DS} \quad [\text{MPa}] \quad (6.52)$$

$$\frac{10577,5}{50 \cdot 12} \leq 30 \quad [\text{MPa}]$$

$$17,63 \leq 30 \quad [\text{MPa}] \dots\dots\dots \text{vyhovuje}$$

$$F_s = \frac{M_k}{\frac{d_1}{2}} = 10577,5 \quad [\text{N}] \quad (6.53)$$

$$F_s = \frac{211,55 \cdot 10^3}{\frac{40}{2}} = 10577,5 \quad [\text{N}]$$

Označení pera:

PERO 12e7 × 8 × 50 ČSN 02 2562

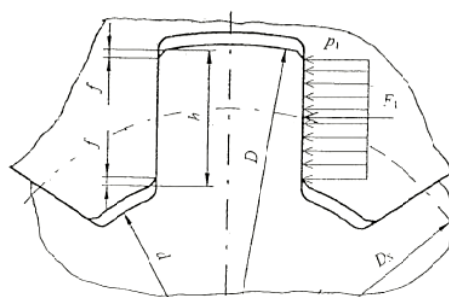
6.4.3 NÁVRH A VÝPOČET ROVNOBOKÉHO DRÁŽKOVÁNÍ [6]

Spojení pomocí rovnobokého drážkování hřídele se spojkou jsem navrhl, protože spojka má být dle zadání mechanicky ovládaná. Volím proto variantu, kdy se náboj spojky řízeně pohybuje po rovnobokém drážkování hřídele.

Volím drážkování dle normy ČSN 01 4942 - Lehká řada - 8 × 46 × 50

6 Rozměry drážkování [5]

Označení	Počet zubů	D [mm]	d [mm]	B [mm]	f [mm]
8 × 46 × 50	8	50	46	9	0,5



Obrázek 6.14 Rozměry drážkového spoje [6]

Střední průměr profilu drážkového hřídele:

$$D_s = \frac{D + d}{2} \quad [\text{mm}] \quad (6.54)$$

$$D_s = \frac{50 + 46}{2} = 48 \quad [\text{mm}]$$

kde D_s střední průměr profilu drážkování [mm]

Obvodová síla na středním průměru drážkování:

$$F_{dr} = \frac{2M_k}{D_s} \quad [\text{N}]$$

$$F_{dr} = \frac{2 \cdot 211,55 \cdot 10^3}{48} = 8814,6 \quad [\text{N}]$$

kde F_{dr} obvodová síla drážkování [mm]

Účinná plocha boku drážek délky 1 mm:

$$f' = \frac{3}{4} z_{dr} \left(\frac{D - d}{2} - 2f \right) \quad \left[\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right] \quad (6.55)$$

$$f' = \frac{3}{4} \cdot 8 \cdot \left(\frac{50 - 46}{2} - 2 \cdot 0,5 \right) = 6 \quad \left[\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right]$$

kde f' účinná plocha boku drážek délky 1 mm $\left[\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \right]$

f sražení boků zubů [mm]

z_{dr} počet zubů [mm]

Délka drážkování:

Vycházíme z pevnostní kontroly namáhání na otláčení boků ozubců a drážek.

$$p_{dr} = \frac{F_{dr}}{f' \cdot l_{dr}} \leq p_D \quad (6.56)$$

$$l_{dr} \geq \frac{F_{dr}}{f' \cdot p_D} \quad [\text{mm}] \quad (6.57)$$

$$l_{dr} \geq \frac{8814,6}{6 \cdot 50} = 29,4 \quad [\text{mm}]$$

Volím $p_D = 50$ [MPa] dle [6]

kde l_{dr} délka drážkování [mm]

p_{dr} tlak v drážkování [mm]

Volím **délku drážkování** $l_{dr} = 100$ [mm]

Označení rovnobokého drážkování ČSN 01 4942:

Drážková hřídel:

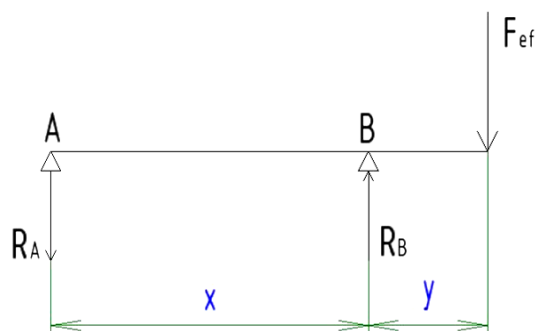
ROVNOBOKÉ DRÁŽKOVÁNÍ 8 × 46f7 × 50a11 × 9d10

Drážkový náboj:

ROVNOBOKÉ DRÁŽKOVÁNÍ 8 × 46H7 × 50H11 × 9H10

Drážkování bude po protažení upraveno.

6.4.4 KONTROLA KULIČKOVÝCH LOŽISEK



Obrázek 6.15 Schéma uspořádání ložisek na horním hřídeli

kde $x = 208$ [mm]

$y = 80$ [mm]

$F_{ef} = 3277,2$ [N]

Volím **ložiska:** **A - SKF 6010 – 2RS1**

B - SKF 6309 – 2RS1

Tabulka 7 Základní údaje ložisek [7]

Typ ložiska	d [mm]	D [mm]	B [mm]	C [N]	C_0 [N]
6010 – 2RS1	50	80	16	22 900	16 000
6309 – 2RS1	45	100	25	55 300	31 500

Výpočet reakcí:

$$\sum M_{iA} = 0 \quad (6.58)$$

$$R_B \cdot x - F_{ef}(x + y) = 0 \quad (6.59)$$

$$R_B = \frac{F_{ef}(x + y)}{x} \quad [\text{N}] \quad (6.60)$$

$$R_B = \frac{3277,2 \cdot (208 + 80)}{208} = 4537,7 \quad [\text{N}]$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad (6.61)$$

$$R_B - R_A - F_{ef} = 0 \quad (6.62)$$

$$R_A = R_B - F_{ef} \quad (6.63)$$

$$R_A = 4537,7 - 3277,2 = 1260,5 \quad [\text{N}]$$

Stanovení dynamického ekvivalentního zatížení ložiska:

$$\frac{F_a}{F_r} \leq e \Rightarrow X = 1; Y = 0 \quad [1] \quad (6.64)$$

$$P_r^A = F_r^A \cdot X + F_a^A \cdot Y \quad [\text{N}] \quad (6.65)$$

$$P_r^A = 1260,5 \cdot 1 + 0 \cdot 0 = 1260,5 \quad [\text{N}]$$

$$P_r^B = F_r^B \cdot X + F_a^B \cdot Y \quad [\text{N}] \quad (6.66)$$

$$P_r^B = 4537,7 \cdot 1 + 0 \cdot 0 = 4537,7 \quad [\text{N}]$$

Výpočet trvanlivosti:

$$L_{10h}^A = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P_r^A} \right)^p \quad [\text{hod}] \quad (6.67)$$

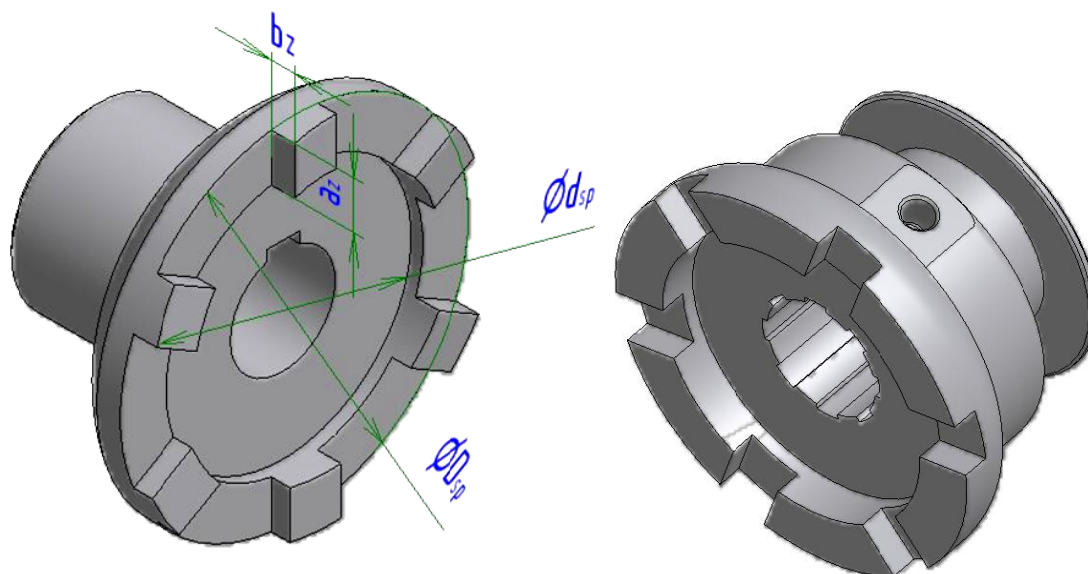
$$L_{10h}^A = \frac{10^6}{60 \cdot 1300} \cdot \left(\frac{22900}{1260,5} \right)^3 = 76875 \quad [\text{hod}]$$

$$L_{10h}^B = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P_r^B} \right)^p \quad [\text{hod}] \quad (6.68)$$

$$L_{10h}^B = \frac{10^6}{60 \cdot 1300} \cdot \left(\frac{55300}{4537,7} \right)^3 = 23215 \quad [\text{hod}]$$

6.5 NÁVRH OZUBENÉ SPOJKY

Ozubená spojka se skládá ze dvou dílů. Jeden díl je pevně přichycen k převodovce perem a přitlačnou deskou. Druhý díl je pohyblivý. Pohybuje se po drážkovaném spoji. Posuv umožňuje páka s ložiskem. Ve vypnutém stavu udržuje spojku mechanismus s kuličkou a pružinou předepjatý stavěcím šroubem. Pákou překonáme odpor pružiny a kulička vyklouzne z vyvrtaného otvoru v hřídeli, který slouží pro udržení spojky v pracovním chodu, do druhého otvoru určeného pro klidový stav spojky. Spojka je zabezpečena krytem s drážkou pro páku. Manipulovat se spojkou se smí pouze, když se malotraktor nepohybuje.



Obrázek 6.16 Rozměry a tvar spojky

Kontrola na otláčení zubů:

$$p_z \leq p_D \quad (6.69)$$

$$p_z = \frac{F_{zstř}}{S_z} = \frac{F_{zstř}}{\frac{3}{4} z_s \cdot a_z \cdot b_z} \leq p_D \quad [\text{MPa}] \quad (6.70)$$

$$p_z = \frac{3254,6}{\frac{3}{4} \cdot 6 \cdot 20 \cdot 10} = 3,62 \quad [\text{MPa}]$$

$$3,62 \leq 65 \quad [\text{MPa}] \dots\dots \text{vyhovuje}$$

$$F_{zstř} = \frac{4M_k}{D_{sp} + d_{sp}} \quad [\text{N}] \quad (6.71)$$

$$F_{zstř} = \frac{4 \cdot 211,55 \cdot 10^3}{150 + 110} = 3254,6 \text{ [N]}$$

kde p_z tlak působící na zub [MPa]

$F_{zstř}$ střední síla působící na zub [N]

S_z plocha zubu [mm²]

a_z výška zubu; volím $a_z = 20$ [mm]

b_z šířka zubu; volím $b_z = 10$ [mm]

D_{sp} vnější průměr spojky; volím $D_{sp} = 150$ [mm]

d_{sp} vnitřní průměr spojky [mm]; volím $d_{sp} = 110$ [mm]

z_s počet zubů; volím $z_s = 6$ [l]

Volím **materiál 11 373.0**.

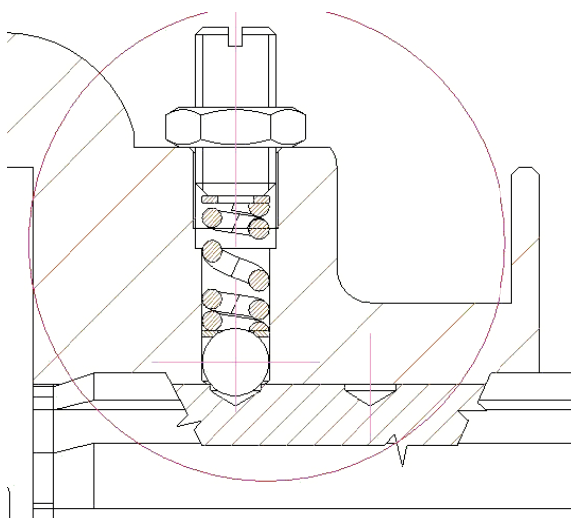
Tabulka 8 Mechanické vlastnosti materiálu [5]

Materiál	R_m [MPa]	$R_{e\min}$ [MPa]	Tvrdost HB	p_D [MPa] ^{*)}
11 373.0	330 ÷ 440	186	max. 225	65 ÷ 95

^{*)} Dovolené napětí je uvažováno pro míjivý tlak. [10]

Volím dovolený tlak $p_D = 65$ [MPa].

Koeficient $3/4z_s$ používám, protože točivý moment nemusí být přenášen všemi zuby, kvůli výrobním nepřesnostem. Vycházím ze vzorce pro výpočet drážkového hřídele.



Obrázek 6.17 Detail řešení mechanismu s pružinou



Obrázek 6.18 Ovládací páka spojky

7. BEZPEČNOST MULČOVACÍHO STROJE [11]

Zabývá se jí norma ČSN EN 745 Zemědělské stroje – Rotační žací stroje a mulčovací žací stroje – Bezpečnost.

Stroj musí být konstruován nebo chráněn takovým způsobem, aby se zabránilo jakémukoliv neúmyslnému dotyku s nástroji vpředu, vzadu, po stranách a shora.

Pro ověřování bezpečnostních požadavků a opatření se používá zkouška odhazování kamenů. Zkouška musí být prováděna na vodorovném tvrdém povrchu. Zkušební materiál se skládá z ½ písku, ¼ šterku o zrnitosti 8 mm až 16 mm, ¼ šterku o zrnitosti 16 mm až 31,5 mm. Zkouška se musí provádět dvakrát. Výsledky jedné zkoušky se považují za kladné, jsou-li splněny následující podmínky:

- ve střední oblasti nejsou mezi dvěma svislými přímkami 1000 mm od sebe více než dva zásahy;
- v horní oblasti není žádný zásah;
- v oblasti obsluhy není žádný zásah.

Návod k používání

Zejména musí být zdůrazněny tyto údaje:

- a) osoby nezúčastněné při obsluze žacího stroje nesmí být v jeho blízkosti;
- b) nutnost používat vývodový hřídel vybavený ochranným krytem v dobrém stavu;
- c) nebezpečí způsobené převedením části žacího stroje do pracovní nebo přepravní polohy;
- d) motor musí být zastaven před jakýmkoliv zásahem na stroji;
- e) potřeba použít zajišťovacího zařízení zvedaných částí před údržbou vykonávanou pod nimi;
- f) nebezpečí způsobené nástroji, které se nějakou dobu po odpojení pohonu ještě otáčejí;
- g) že je zakázáno se pohybovat po žacím stroji;
- h) správný způsob skladování žacího stroje z důvodu zajištění stability.

Výstražné nápisy nebo značky

- nebezpečí způsobená otáčením nástroje během činnosti a vlivem setrvačnosti po odpojení zdroje energie;
- nebezpečí způsobená předměty vymršťovanými z ochranného prostoru stroje
- nebezpečí způsobená převedením části stroje do přepravní nebo pracovní polohy

8. ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zabýval problematikou mulčování a řešil jsem konstrukci zadaného mulčovače za malotraktor.

V první části jsem provedl rešerši k danému tématu. Rozebral jsem zde podstatu mulčování a rozdělil jsem mulčovací stroje z hlediska konstrukce. Dále jsem v této části popsal speciální druhy mulčovačů a jejich funkce. Při hledání podrobností jsem zjistil, že se vyrábějí výhradně mulčovače poháněné motorovou závislostí.

Ve druhé části jsem nejprve popsal orgánovou strukturu stroje. Dále jsem navrhl převodové ústrojí, musel jsem navrhnout řemenový převod a zvolit typ a velikost řemene. Provedl jsem pevnostní kontrolu důležitých uzlů mulčovače. Kontroloval jsem životnost navržených kuličkových ložisek. Řešil jsem problém, jakým způsobem vypnout rotor při přepravě mulčovače. Zvolil jsem mechaniky ovládanou ozubenou spojku. Jelikož jsem nenašel na trhu vhodný typ, musel jsem navrhnout spojku i posuvný mechanismus sám.

V poslední části jsem popsal, jakým bezpečnostním kritériem by měl stroj vyhovovat. Je zde ve zkratce popsána zkouška odhazování kamenů. A nakonec je uveden návod k používání a bezpečnostní značky, které by neměly na mulčovači chybět. Bezpečnost při mulčování je jeden z nejdůležitějších aspektů, protože se jedná o velmi nebezpečné zařízení a nesmí se proto nic podcenit.

9. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

- [1] POSPÍŠIL, Jiří. Perspektivní technologie. *Zemědělec* [online]. 2008, 13/08 [cit. 2008-12-16]. Dostupný z WWW: < http://www.agroweb.cz/Perspektivni-technologie_s172x30282.html >.
- [2] BURGR, Patrik, ZEMÁNEK, Pavel. Mulčovače v trvalých výsadbách. *Zemědělec* [online]. 2007, č. 13/07 [cit. 2008-12-16]. Dostupný z WWW: < http://www.agroweb.cz/Mulcovace-v-trvalych-vysadbach_s73x27545.html >.
- [3] Současná technika pro mulčování. *Zemědělec* [online]. 2007, č. 13/07 [cit. 2008-12-16]. Dostupný z WWW: < http://www.agroweb.cz/Soucasna-technika-pro-mulcovani_s73x27543.html >.
- [4] JAVŮREK, Filip. Trendy v konstrukci mulčovačů. *Zemědělec* [online]. 2008, č. 13/08 [cit. 2008-12-16]. Dostupný z WWW: < http://www.agroweb.cz/Trendy-v-konstrukci-mulcovacu_s172x30283.html >.
- [5] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly : Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [6] KALÁB, Květoslav. *Návrh a výpočet spojů pro přenos kroutícího momentu z hřídele na náboj* [online]. 2003 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: < <http://www.347.vsb.cz/Files/monografie/prirucka-spojehridelnaboj.pdf> >.
- [7] SKF: *Kuličková ložiska* [online]. 2007 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: < http://arkov.cz/katalogy/1/6000_CS_01_kulickova_loziska.pdf >.
- [8] RUBENA: *Klínové řemeny obalované - úzký průřez* [online]. 2005 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: < http://www.rubena.cz/files/Remeny/KR-03_Obal-Uzke.pdf >.
- [9] HENNLICH: *Tlačné pružiny* [online]. 2005 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: < <http://hennlich.cz/index.php?f=1521> >.
- [10] LEINVEBER, Jan, ŘASA, Jaroslav, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Plášilová Blanka. 3. dopl. vyd. Praha : Scientia, 2000. 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
- [11] ČSN EN 745 *Zemědělské stroje – Rotační žací stroje a mulčovací žací stroje – Bezpečnost*. Praha: Český normalizační institut, leden 2001. 47s.

- [12] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Prahy: Český normalizační institut, srpen 1997. 36s.
- [13] Pavel Šálek Agroservis [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.agroservispv.cz/pracovni-naradi/udrzba-travniku/mulcovac-mul-1300-traverz> >.
- [14] NAVOS Farm technic [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: http://www.navos-km.cz/?_core_cnt_SetActiveContent=10764 >.
- [15] AGRIFAIR [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.agrifair.cz/component.php?cocode=section&seid=175> >.
- [16] Pavel Šálek Agroservis [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.agroservispv.cz/pracovni-naradi/udrzba-travniku/mulcovac-bison-1250> >.
- [17] DAGROS zemědělská technika [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.dagros.cz/cs/spearhead-mulcovace-prikopova-ramena> >.
- [18] HM Hodonín [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.hmhodonin.cz/index.php?exe=9b&sor=31> >.
- [19] JAKEŠOVÁ, Helena. Perspektivní technologie. *Zemědělec* [online]. 2006 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW : http://etext.czu.cz/img/skripta/64/pef_21812-1.pdf >.
- [20] FTA Dobruška [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.fta-dobruška.cz/Katalog/Drtic,-mulcovace,-ostatni/DESVOYS.aspx> >.
- [21] BYSTRON [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.bystron.cz/mulcovac.php#> >.
- [22] PROFISTROJE.CZ [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.profistroje.cz/stroj.asp?idstroj=124&znacka=McConnel> >.
- [23] AGROSTROJ PELHŘIMOV [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <http://www.agrostroy.cz/index.php?view=436> >.

- [24] McCONNEL [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW:
<<http://www.mcconnel.com/PDF%20FILES/2008/Power%20Arms/Flailheads%20&%20Attachments/Flailhead%20and%20Flail%20Options.pdf>>.
- [25] AGRIIMPORT, s.r.o. [online]. [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW:
< <http://www.agriimport.cz/lesni-frezy-mulcovace-seppi-m.php> >.
- [26] KALÁB, Květoslav. *Návrh a výpočet řemenového převodu* [online]. 2008 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW:
<<http://www.347.vsb.cz/Files/monografie/prirucka-remen.pdf>>.

POUŽITÉ PROGRAMY

- 1) Autodesk Inventor Professional 2009
- 2) MITCalc (Mechanical, Industrial and Technical Calculations) Dostupný z WWW: < <http://www.mitcalc.com/cz/download.htm> >

SEZNAM PŘÍLOH

- 1) Výkres sestavy: Mulčovač - sestava, číslo výkresu MAC – 2009 – 00.
- 2) Výrobní výkres: Velká řemenice, číslo výkresu MAC – 2009 – 14.
- 3) Vypracování bakalářské práce na CD nosiči.